

Bemerkungen zur Juratektonik

Autor(en): **Amsler, Alfred**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **20 (1926-1927)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-158595>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bemerkungen zur Juratektonik.

VON ALFRED AMSLER (Frick).¹⁾

Mit 3 Textfiguren.

Die Abscherungshypothese BUXTORF 1907 (1)²⁾ — die sich bewährt hat für das Gebiet, für das sie aufgestellt wurde, ruft konsequenterweise weiteren, ergänzenden Fragen.

1. In Bezug auf den Gleithorizont:

- a. Ist der Gleithorizont im mittleren Muschelkalk (Anhydritmergel) der einzige von regionaler Bedeutung?
- b. Wie verläuft die Abscherung gegen W, gegen S und gegen die Alpen?

2. In Bezug auf die Schubunterlage:

- a. Wie gestaltet sich das Relief der Schubunterlage (Grundgebirge)?
- b. Wie und wann ist es entstanden?
- c. Welchen Einfluss hatte das bei der Jurafaltung offenbar bereits vorhandene Relief auf diese?

Ist das erstgenannte Problem (Gleithorizont) mehr Sache der Spekulation auf Grund regionaltektonischer Verhältnisse, so muss dem zweiten (praekettenjurassische Struktur des Juragebietes) nahe getreten werden

1. auf stratigraphisch-palaeogeographischem Weg (Beziehungen der tertiären Ablagerungen zu den Störungen; ihre Fazies und ursprüngliche Verbreitung),

2. durch möglichst genaue Feststellung des Verlaufes der Unterlage der Schubdecke und Darstellung in einer Strukturkarte für einen bestimmten Horizont. Ich habe eine solche im Umfang des östlichen Jura (Gebiet der Dufourblätter II,

¹⁾ Vgl. die vorläufige Mitteilung im vorhergehenden Heft der Eclogae.

²⁾ Die eingeklammerten Zahlen (1) verweisen auf das Literaturverzeichnis.

III, VII und VIII) in 1:100,000 in Arbeit. Bezugshorizont: Basis des Wellenkalkes. Äquidistanz der Isohypsur 50 m. Die Anwendung von Tönen (hoch-hell, tief-dunkel) soll den Verlauf jener Fläche reliefartig übersichtlich gestalten. Dieser Horizont wurde gewählt,

1. weil der Wellenkalk als tiefste Schicht von allgemeiner Verbreitung und ziemlich konstanter Mächtigkeit angenommen werden darf;

2. weil er — abgesehen wahrscheinlich vom westschweizerischen Hochjura, wie wir sehen werden — vom Juraschub nicht mehr beeinflusst wurde.

Die Bestimmung einer möglichst grossen Zahl von Punkten der fraglichen Fläche verlangt natürlich die genaue Kenntnis des jeweiligen lokalen stratigraphischen Profils und Ausnutzung der bekanntgewordenen Tiefbaubefunde (Tunnel, Sondierungen). Sie hat innerhalb des gefalteten Gebiets in erster Linie von den breiten Mulden (Becken) auszugehen. Die meist nur annähernd feststellbare Mächtigkeit der tertiären Überlagerung und das sehr starke Schwanken der jurassischen und triadischen Mergelhorizonte infolge mechanischer Beeinflussung sind natürlich schwer zu eliminierende Fehlerquellen und mit dem Abtauchen ins helveto-suebische Molassebecken entzieht sich die Oberfläche der mesozoischen Sedimentdecke des südlichen Schwarzwaldfusses, noch mehr natürlich unsere tieferliegende Bezugsfläche jeder objektiven Schätzung. Immerhin bezeugen aber die Molassefalten südlich des Gäus und im Seeland, dass hier in der Tiefe jugendliche Jurafalten existieren, deren Intensität und Verlauf Schlüsse ziehen lassen auf die Gestaltung des Untergrundes.

1. Zur Frage des Gleithorizontes.

Die mächtigen Keupermergel unten mit Gips spielen im ganzen Tafeljura eine ähnliche Rolle als Gleithorizont wie der Anhydritmergel im Kettenjura (2). Über ihnen sind unter dem Einfluss der Kettenjuraüberschiebung ausgedehnte Schollen des Hangenden abgedrückt und auf die Tafel selbst zurückgeschoben, oder faltenartig aufgestaut worden, im W (Blatt Bretzwil) sogar in mehreren hintereinanderliegenden Faltenzügen.

Am Überschiebungsrand des französischen Jura (Vignoble) spielt mächtiger, gips- und salzführender Keuper¹⁾ dieselbe

¹⁾ Salzhorizont von Gouhenans.

Rolle wie im Tafeljura des Ostens. Hier liegt ein Hauptgleithorizont also wohl über dem Muschelkalk.

Am Nordrand des Aarmassivs fehlen Anhydritmergel oder analoge isochrone Bildungen. Die Quarzsandsteine („Quarzite“), mit denen die Trias dem Grundgebirge aufsitzt, ist versandeter unterer oder mittlerer Muschelkalk (vgl. den „Muschelsandstein“ Lothringens und ähnliche Sandeinlagerungen im Einschwemmungsbereich des böhmischen Massivs bei Würzburg, östlich Bayreuth etc.; der germanische Muschelkalk ist eine regressive Bildung, bei Nördlingen liegt der Keuper auf dem Grundgebirge).

Die Quartenschiefer, eher geeignet als Gleithorizont, sind aber am Nordhang des Aarmassivs noch wenig mächtig¹⁾; wahrscheinlicher fand der Schub nach N, den man sich sowohl rein frontal vom sich aufwölbenden Aarmassiv als auch mehr von oben, von den Decken ausgehend, denken muss, in den besonders im westlichen Aarmassiv mächtigen Schiefeln des untern und mittlern Jura statt. In Anbetracht der besonders in Alpennähe gewaltigen Mächtigkeit der Molasse und der nach den Untersuchungen von BAUMBERGER (3) und RITTER (4) weit ausholenden Überschiebungen in der subalpinen Molassezone, könnte man vermuten, die Scherfläche läge hier ganz innerhalb der Molasse²⁾; aber der infolge des Ansteigens des helvetischen Beckens nach SW im Salève³⁾ zutage tretende jurassische Kern der „Molasseantiklinale“ zeigt, dass der Schub hier tiefer gegriffen hat, mindestens bis an die Basis des Jura.

Auf alle Fälle würde im S wie im W die Sohle der Schubsohle in höhern Horizonten liegen als im N (d. h. im östlichen Jura); wir hätten es also, im Grossen betrachtet, in der Tat mit einer — wenn auch sehr flachen — Abscherung zu tun.

Nun kann es sich aber, auch abgesehen von den Gleitflächen 2. und 3. Ordnung, die z. B. im Innern des Kettenjura

¹⁾ Gegenüber einem Hinweis auf die Axendecke der Glarner Alpen, deren Schubfläche unter ziemlich mächtigem Quartenschiefer und unter Rötidolomit in Rauchwacke liegt, möchte ich nur geltend machen: beide Erscheinungen sind nicht vergleichbar, die Axendecke liegt am Ende eines längern Schubes, die genannten Horizonte bilden ihre resistente, z. T. mylonitisierte Schubsohle; die primäre Trennung fand wahrscheinlich in einem die Rauchwacke begleitenden Gipshorizont statt.

²⁾ Unter dieser Voraussetzung habe ich ein bis auf das Grundgebirge hinabgezogenes, vom Schwarzwald zum Gotthard reichendes Profil in 1:320,000 entworfen (AMSLER und NÄF, Gesteins- und Bodenkunde, 4. Aufl., 1920.)

³⁾ Siehe das Profil Reculet-Salève von ARN. HEIM (5).

Schuppung erzeugen (vgl. z. B. meine Staffeleggprofile Pl. XII in (2)) nicht um eine einheitliche Scherfläche handeln. Das zeigen folgende Betrachtungen:

Die westlichsten Punkte, an denen Muschelkalk im Kern von Antiklinalen des Juras erscheint, sind folgende:

1. bei Günsberg in der Weissensteinkette, also in der südlichsten Juraantiklinale;

2. auf der Mont Terriblelinie, ca. 1 km westlich von Meltingen (zwischen Guggelhof und Kalkofen) (6, 7);

3. im N, ausserhalb des Kettenjuras, in dem komplizierten Interferenzgebiet von Rheintalflexur, Dinkelbergverwerfungen und Jurafaltung westlich Muttenz, in der Keuperantiklinale Rütihard-Adler (Adlerhofantiklinale BUXTORFS) (8, 65, 9, 62).

Sie liegen also alle auf der Schwarzwaldlinie.

Das ca. 330 m tiefe Bohrloch auf Steinsalz südlich Cornol der 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts traf in dem nordwärts aufgeschobenen S-Schenkel der Mont Terribleantiklinale keinen Muschelkalk, trotz gegenteiliger Angaben in der Literatur¹⁾.

Nun zeigen sich schon im Meridian der Klusen von Önsingen und von Mümliswil, also in einem Gebiet, wo sicher auch Muschelkalk noch mitgeschoben wurde, durch den ganzen Jura hindurch Zeichen der zunehmenden Bedeutung der Gleitung in den Mergeln über dem Muschelkalk, speziell im Keuper. Sie seien hier nur kurz aufgezählt (von S nach N):

1. Die bekannte Klusentektonik in der Weissenstein- und der Farisbergkette beruht der Hauptsache nach auf einer flachen Überschiebung während der Faltung spitzwinklig zur Faltenaxe. Resultat: eine Schraubenfläche, in der Weissensteinkette noch kompliziert durch nachfolgende Unterschiebung. Hier beginnt sie im W, ausserhalb der Antiklinale als Aufschiebung des Kimmeridgekopfes von St. Verena (MÜHLBERG) (10, 11). Der die Unterschiebung bestimmende, schon vor der Faltung vorhandene Bruch ist noch sichtbar im Hauptrogenstein am Ausserberg (12).

2. Eine analoge Abscherungsfläche durchsetzt die Grenchenbergantiklinale und die nördlich folgende Synklinale des Chaluet, in der Fortsetzung noch weiter ostwärts vermutlich auch den S-Schenkel der Graiterykette. Schon BUXTORF,

¹⁾ Diese wurden veranlasst durch die Mitteilung von J. THURMANN aus dem Jahre 1851 (Mitt. natf. Ges. Bern, Nr. 200) mit einem viel ältern schematischen Profil aus seinem Essai de soulèvement 1830. (Gütige briefliche Mitteilung von Prof. KOBY, Pruntrut 1925.)

der uns diese merkwürdigen tektonischen Verhältnisse zuerst beschrieb, hat jene Analogie erkannt (13).

3. In der Passwangkette Überschiebung des Kellenberges und weiter westlich Faltungen und Schuppungen im Keuper bis Opalinuston des Kerns dieser Kette, worüber die Untersuchungen von M. MÜHLBERG (Blatt Mümliswil) Aufschluss geben werden (vgl. auch 14.)

4. Zeugen eines weitgehenden selbständigen Schubes über dem Muschelkalk sind die bis über $1\frac{1}{2}$ km im Keuper und Opalinuston auf den Tafeljura überschobenen Massen von Nunningen bis zur vordern Frenke (10, 15)¹⁾. Ausmass und Struktur (besonders östlich Bretzwil) dieser Massen und Abscherungserscheinungen über dem Muschelkalk an der N-Stirn der Kette beweisen ihn. Der intensive Schub (Schuppung!) des Muschelkalks erfolgte dann wahrscheinlich als Fortsetzung oder als zweite Phase (s. Profile LEHNERS 15, p. 19 ff.) von Luwil an ostwärts.

5. Dass endlich gerade hier der Tafeljura weit nach N intensive Faltung zeigt (Steinegg, Wisig, Holzenberg), ist kaum Zufall. Die Versteifung der geschobenen Tafel war hier besser als weiter im E (Hauptrogenstein, mittlerer und oberer Malm mächtiger und im NW kommt das starre Rauracien dazu; auch fehlte hier die weiter östlich in der Dinkelbergscholle stark entwickelte, schubhemmende Verzahnung mit der Unterlage).

Es ist nach alledem wahrscheinlich, dass der Keuper Schub im Kettenjura von hier an westwärts rasch an Bedeutung gewinnt und dann im W, am Überschiebungsrand des ledonischen und bizontinischen Bogens ausschliesslich zur Herrschaft gelangt.

Aber auch im westlichen Jura kann es sich nicht um einen vom helvetischen Innenrand bis in jene Randgebiete in Frankreich durchgehende Gleithorizonte handeln. Sehen wir von dem plateauförmigen französischen Jura, aus dem exakte Profile fehlen, ab, so müssen wir konstatieren, dass der welschschweizerische Hochjura sich dem BUXTORF'schen Schema nicht fügt. Je gewissenhafter hier das an der Oberfläche Beobachtbare verwertet wird, um so renitenter gestalten sich die Profile nach unten: Einmal sind die Antiklinalen z. T. so breitrückig (weiter westlich dann Regel), dass wir sie schwer mehr als (relativ) gehobene Formen des Zusammenschubes verstehen können; dann ist ferner der Kernteil wirklicher Falten so geräumig, dass das über einem \pm flachverlaufenden Grundgebirge zusammengeschürft

¹⁾ Die ich, wie schon MÜHLBERG, vom Kettenjura herleite.

gedachte Material der Trias nicht genügt zur Bildung jener Kerne. Ich zitiere als Beispiele Profile von Schülern SCHARDTs, H. SUTER (16, Prof. 5, Mont d'Amin) und E. FREI (17, Taf. III, Prof. 18, Mont Racine-Tête-de-Ran). Weiter nach S, in welcher Richtung die mesozoische Schichtserie wächst (s. die Zusammenstellung von ALB. HEIM (18, p. 606)), nimmt die Schwierigkeit, in die Tiefentektonik einzudringen, zu¹⁾ und die neusten, sorgfältigen Arbeiten aus dem Waadtländer Jura von LAGOTALA und NOLTHENIUS (21, 22) bringen deswegen darüber sozusagen keine Aufklärung.

Wenn wir nun in einer tektonischen Übersichtskarte des ganzen Jura, etwa der von HEIM (18, Taf. XX), die Antiklinalen mit den „renitenten“ Profilen markieren, so sehen wir, dass sie die gedrängte, ca. 15 bis 20 km breite, im N etwa mit dem Montoz beginnende NE (genauer E 40° N) streichende Faltenschar des Hochjura, das Faisceau helvétique ROLLIERs (23) mit seinen mächtigen, lang hingezogenen Antiklinalen bilden. Es liegt in der Fortsetzung der variscischen Faltung der Umgebung des Beckens von St. Etienne (Fig. 1); andererseits stellt im Berner Jura, wo er schon nach ENE abzubiegen beginnt, die seit den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts (FOURNET) viel besprochene Caquerellekette und die anschließende Querfaltung des Delsbergerbeckens²⁾ die Verbindung mit den im Rheintalgraben erbohrten variscisch³⁾ streichenden Mulden und Sätteln her. Linien dieses Systems treten aber auch am Rand der begrenzenden Massive auf (Vogesenabbruch, Elztallinie). Schon STEINMANN (64) verband die nach NW abtauchende Vorbergzone zwischen Istein und Müllheim durch die „Sundgaulinie“ mit dem flexurartig abbiegenden Westflügel der Bürgerwaldkette und TOBLER (65) wies auf die Bedeutung dieser Richtung für die Randketten hin. Im NW aber taucht in der Serre, im SE, jenseits des Molasse-troges in dem Massivzug Belledonne-Aiguilles Rouges das ebenfalls variscisch struierte Grundgebirge auf: Also der Hochjura streicht variscisch entsprechend einer alten Struktur des Grundgebirges, über dem er liegt. An dem Bau der Antiklinalen dieses Jurazuges müssen sich ältere Formationen

¹⁾ Siehe z. B. die Profile von SCHARDT (19) und SPRECHER (20).

²⁾ Zuletzt studiert von H. LINIGER (60, 63).

³⁾ Ich gebrauche in der Folge die Ausdrücke variscisch und hercynisch im Sinn der deutschen Geologen als Richtungsbezeichnungen, erstern für die SW-NE laufende Hauptstreichrichtung der karbonischen Faltung in diesem Gebiet, letztern für die NW-SE-Richtung der damit in Zusammenhang stehenden Querbrüche (vgl. 24).

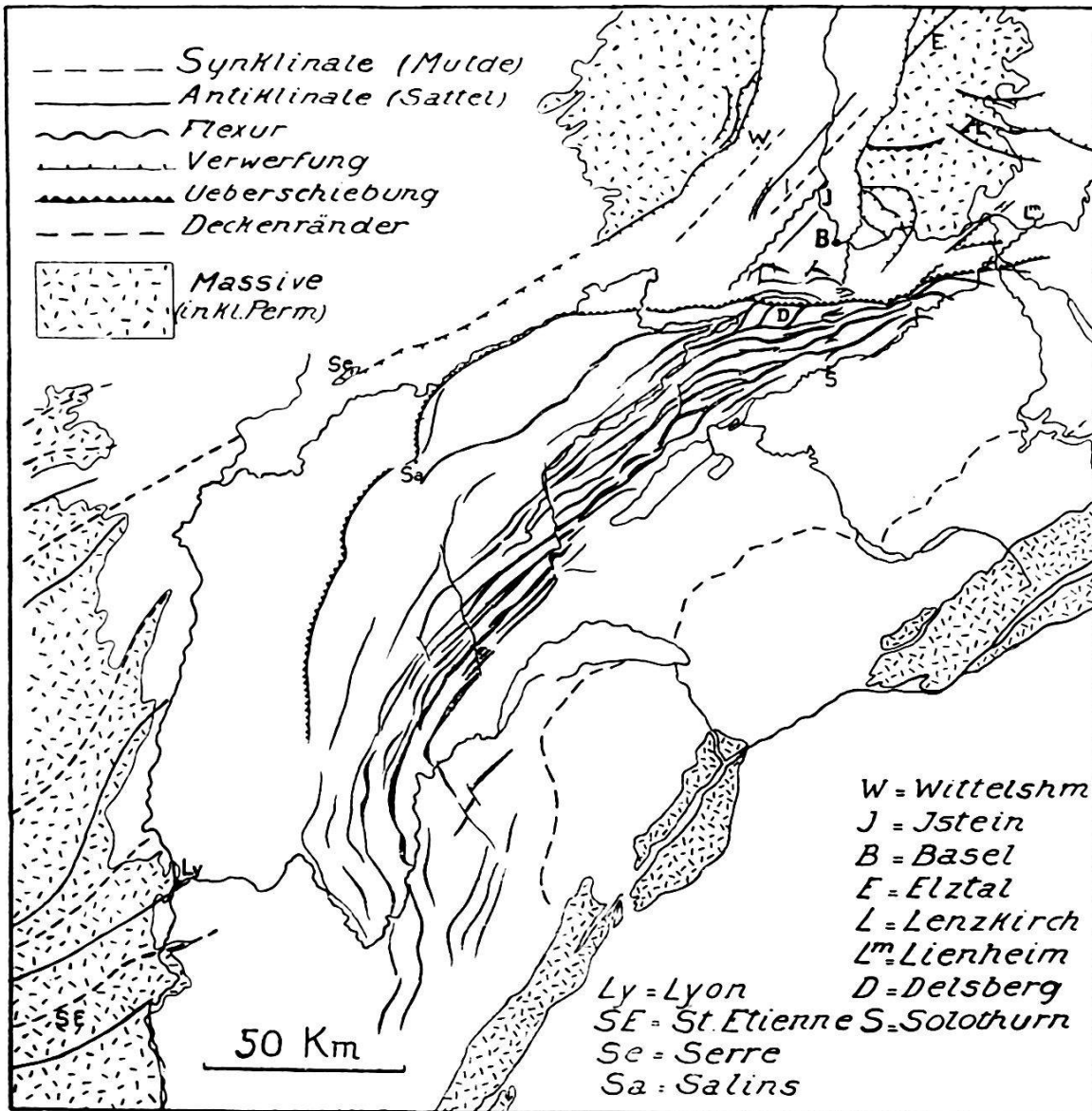


Fig. 1. Die Grundgebirgsumrahmung des Juraebirges und der Einfluss alter Strukturlinien auf dessen Entwicklung.

Für diese Figur wurden benutzt Darstellungen folgender Autoren: R. STAUB (Alpenkarte), ALB. HEIM (tektonische Karte des Juraebirges), VON BUBNOFF (tektonische Skizze der Umgebung von Lenzkirch), MICHEL-LÉVY (Massif central in SUSS, Face de la Terre II, p. 177), REGELMANN (Übersichtskarte 11. Aufl.).

beteiligen als die Anhydritmergel (mittlerer Muschelkalk), wahrscheinlich auch ältere als der Buntsandstein. Nach den Beobachtungen in SW-Deutschland, am Rhein von Laufenburg an abwärts, im Gebiet der mittleren Wiese und am S-Fuss der Vogesen dürfen wir in der Unterlage dieses Teils des Juras Rotliegendes in beträchtlicher Mächtigkeit (mehrere hundert Meter) vermuten, das einem Grundgebirge mit variscisch gewellter und in diesem Sinne und senkrecht

dazu (also hercynisch) wahrscheinlich auch von Verwerfungen durchsetzten Oberfläche aufliegt, nach oben aber, gemäss der Darstellung STRIGELS (25) mit einer prätriadischen Einbnungsfläche abschliesst. Bis auf dieses Rotliegende hinab, das in seinem mittleren Teil tonig entwickelt ist, scheint nun der Juraschub im Hochjura gegriffen zu haben¹⁾, wodurch sich einerseits der starke Wechsel in der Materialakkumulation auf diesem Zuge, andererseits dessen unverkennbare Abhängigkeit von der Struktur der Unterlage erklären würde. Diese tieferliegende Gleitfläche kam wahrscheinlich erst nach der höheren, am französischen Jurarand austretenden zur Entwicklung.

Vor der Faltung vorhandene, z. T. variscisch streichende²⁾ Verwerfungen und Flexuren entstanden durch Wiederlebendigwerden des alten Untergrundes, haben wahrscheinlich mitgespielt und es ist gut verständlich, dass der pliozäne Tangentialschub, der am Jurainnenrand naturgemäss eine aufschürfende Tendenz hatte (Unterschiebungen weiter im E!), gerade in diesem Abschnitte, wo er in bezug auf die Struktur der Tiefe reiner Flankenschub war, besonders tief greift. Man könnte hier von posthumer Epidermalfaltung sprechen.

Im Oxfordton sind keine weit durchgehenden Schubhorizonte zu erwarten, ein wie ausgezeichnetes Gleitmaterial er auch darstellt. Er reicht südwärts nicht über den Kettenjura hinaus und liegt zu oberflächlich. Dagegen förderte er die Überschiebungsvorgänge auf der Mont Terri-Vorburglinie im SW des Laufenerbeckens (6, 27), an die sich hier und anderwärts, z. B. im Clos du Doubs, nördlich Epiquerez (28) als reine Schwerewirkung aufzufassende sekundäre Abgleitungen anschliessen und beeinflusste die Faltung als gutes dynamisches Isoliermittel zwischen Rauracien und Hauptrogenstein (Mächtigkeitsschwankungen!).

2. Das Relief der Schubunterlage.

Die Existenz eines besonderen, selber von der Faltung unabhängigen, diese aber in gewissem Grad beeinflussenden Reliefs innerhalb des Juras war in besonders klaren Fällen

¹⁾ An diese Möglichkeit denkt auch ALB. HEIM (18, p. 606).

²⁾ Es ist wahrscheinlich, dass nicht nur ein Teil der Längsstörungen im Waadtländer, Neuenburger und Berner Hochjura, sondern auch die in letzter Zeit wieder viel besprochenen und auch untersuchten (26, 20, 16, 22, 17), ihn querenden Transversalverschiebungen mindestens z. T. dieser tiefen Abstammung sind.

schon lang erkannt worden, ebenso die Übereinstimmung der darin auftretenden Richtungen mit wichtigen Strukturlinien ausserhalb des Juras. Ich erinnere, ausser dem oben über die Leitlinien des westlichen Jura Gesagten, vor allem an die den Jura querende „Schwarzwaldlinie“ (ALBR. MÜLLER 1858, STEINMANN 1892). Durch die neue Auffassung der Jurafaltung bekam natürlich diese Frage eine besondere Bedeutung: Es lagen jetzt sozusagen zwei, dem Wesen und der Entstehung noch verschiedene Reliefs übereinander, die nachträglich gefaltete Schubdecke auf dem stellenweise gestörten und unebenen Grundgebirge vergleichbar einem nicht ganz ebenen Tisch, auf dem ein zusammengeschobenes Tuch liegt. Die Falten der Decke schmiegen sich stellenweise den Unebenheiten der Unterlage an, d. h. diese bestimmen den Verlauf jener. In diesem Sinn hatte bereits der Autor der Abscherungstheorie eine Mont Terribleflexur angenommen (1, p. 3). Im östlichen Jura, wo die Schubdecke verhältnismässig wenig mächtig, kann man, wie ich zeigen werde, die Faltung geradezu als Reagens auf ein sonst kaum zur Geltung kommendes Relief des Grundgebirgs betrachten. Diese tiefern und ältern Formen nun gilt es aus dem komplizierten Gesamtbild herauszulesen. Das ist aber deswegen nicht leicht, weil auch Besonderheiten der Schubdecke Form und Verlauf des Zusammenschubes mitbestimmen können. Dazu kommt noch, dass Faziesgrenzen, ferner Bruchlinien etc., die ursprünglich durch die Struktur der Unterlage bedingt waren, sich nachträglich im Sinn des Faltenschubes verschoben haben müssen.

Die Faktoren, die auf den Gang der Faltung Einfluss haben konnten, lassen sich etwa folgendermassen gruppieren:

1. *Relief der Unterlage*: Allgemeine Neigung; relative Höhenlage; Linien starken Gefälls (Stufen in Form von Flexuren und Brüchen; Rücken; Senken). Auf Rücken dringt die Faltung weiter vor als daneben (Faltung der Pfirt — des Rheintalerjuras STEINMANN'S — auf dem Altkircher Rücken). Wichtig ist die Orientierung jener gestreckt verlaufenden Reliefelemente (Stufen etc.) zum Schub. Extremer Fall: Flexur quer und gegen den Schub gerichtet, Resultat: Unterschiebung (Mettauer Linie).

Auf den mit der Schubrichtung oder wenig davon abweichend verlaufenden Schwarzwaldlinie und Lienheimer Flexur (s. später) entstehen Kantenfalten.

Auf Bruchfeldern konnte es bis zur schubfesten Verbindung durch Verzahnung der Schubdecke mit der Unterlage kommen (südliche Dinkelbergscholle (2, p. 479).

2. *In den Schubdecken auftretende ältere Störungslinien:* Falten, Flexuren, Bruchlinien: Der Scheltenmühle-Gilgenbergbruch scheint ein gefalteter alter Bruch zu sein und nicht erst zu Anfang der Faltung aufgerissen (WAIBEL 7, p. 46). Der Fehrenbruch (6) erzeugte Störungen in der Vorburgkette (KOCH 6, WAIBEL 7), der Arlisbergbruch die Hornifluhüberschiebung (LEHNER 15). An Brüche setzen wahrscheinlich die Chaluetstörung und die Klusenüberschiebungen an (s. oben), unter gleichzeitiger Faltung. Primäres Streichen aller dieser Störungen variscisch.

Gibt es auch präpliozäne, prävindobone, sogar prästampische faltenartige Störungen erzeugt durch Tangentialschub, die variscisch streichen? Man vergleiche die Sättel des obern Rheintals (29, 30, 31), bei Seewen (LEHNER 15, p. 23), und Reigoldswil (LEHNER 15, p. 6 und 31).

3. *Die Zusammensetzung der Schubdecke.* Mächtigkeit, mechanischer Charakter; Vorherrschen plastischer oder schubfester Glieder (weites Vordringen der Tafeljurafalten nördlich Bretzwil (15)), Schichtung (massig oder gut geschichtet, nur in letzterem Fall Schuppenbildung, Muschelkalk!)

4. *Stadium des Abtrages bei beginnender Faltung.* Wirkung der Peneplaination, durch Abtrag geschwächte Tafeln leiten den Schub nicht mehr und wirken als Hindernis (CLOOS 32).

Versuchen wir nun von N, vom Rheintalgraben aus, dessen Struktur wir heute im Grossen durch die Kalisalzsondierungen im nördlichen Sundgau um Wittelsheim (29, 30), dann östlich des Horstes Mülhausen-Altkirch, links und rechts des Rheins (Rümersheim-Buggingen) und jüngst bei Allschwil (33) kennen, und vom Schwarzwald und Dinkelberg nach S und E vordringend, einige der tektonisch wichtigen Linien in das oberflächlich gefaltete Gebiet des Juras hinein zu verfolgen, so können wir unterscheiden:

am deutlichsten die schon mehrfach erwähnte Schwarzwaldlinie quer durch den Jura hindurch, sehr deutlich bis zur Vorburglinie auch die Wirkung des breiten Altkircher Rückens, der den „Rheintaler Jura“ STEINMANN'S (zwischen Pfirt und Delsberger Becken) trägt, und dessen W-Rand durch die Querbrüche Luffendorf-Morimont (53), von Pleujouse und zwischen Creux und Les Rangiers gekennzeichnet ist.

Die E-Grenze der Dinkelbergscholle, die im S ein im Oligozän, dann wieder im Burdigalien stark zerklüftetes Bruchfeld darstellt, bildet etwa die Linie Wallbach-Eptingen.

Der Hauptabbruch streicht aber mehr südwestlich: Zeiningen–Wintersingen–Reigoldswil, wo der bei Lauwil auftauchende Muschelkalkkern der Ullmetkette noch den höhern E-Flügel andeuten könnte.

Die ostwärts folgende Schwarzwaldtafel ist charakterisiert durch in zwei Zügen variscisch (genauer E 40° N)streichende Störungen, der Hauptsache nach südgerichtete Flexuren, vielleicht Anologa des viel umstrittenen Donauabbruches (61) der schwäbischen Alb. Von ihnen lässt sich nachweisen, dass sie nicht nur älter sind als die Jurafaltung, denn sie haben diese mehrfach beeinflusst, sondern auch älter als das marine Vindobon.

1. Der *westliche Zug* ist nicht einheitlich, er besteht aus drei Abschnitten:

a. einer Flexur mit südlich vorgelagerter, flacher Mulde, oberflächlich angeschnitten durch den Hauensteinbasistunnel (13, Taf. IV, Prof. 1) südlich Zeglingen; wir werden sie Zeglinger Flexur nennen.

Aus der klaren Beschreibung der Tunnelaufschlüsse durch BUXTORF (13, Text u. Tafel I, Fig. 3), auf die hiemit verwiesen sei, ergibt sich infolge der hier besonders günstigen Umstände (Tunnelaxe verhältnismässig tief; die Kettenjurazone ausnahmsweise schmal und einfach gebaut) die im Wesentlichen und speziell für das Tunnelgebiet unzweifelhaft begründete Konstruktion seines allgemein bekanntgewordenen, bis auf das Grundgebirge hinab ergänzten Juraprofils (l. c. Taf. IV, Prof. 1). Es ist das erste Profil, das auf genügende Beobachtungsunterlage sich stützend, im Bereich des Kettenjuras ein kräftiges Relief des Grundgebirges zeigt. Wichtig ist, darauf hat man — auch der Autor — zu wenig Gewicht gelegt, das variscische Streichen dieses Reliefs, wie es sich unzweifelhaft aus dem beobachteten Schichtenfallen und dem Streichen der angetroffenen Brüche ergibt. Bezüglich letzterer scheint es mir nicht ganz ausgeschlossen, dass die beiden Brüche südlich vom Ventilationsschacht (l. c. p. 197), (von denen ich den diesem nähern bei 455 m parallel dem südlichen zur Tiefe gehen lassen möchte) den beiden von F. MÜHLBERG kartierten und profilierten (34, Erl., p. 87, Prof. I) scheinbar Aufschiebungen nördlich des Klappen östlich Oltingen entsprechen, diese also durch den Juraschub an ihrem NE-Ende schiefgedrückte, präkettenjurassische, variscisch streichende Grabenbrüche wären.

Jenseits Oltingen fehlen Anzeichen einer Fortsetzung dieser variscisch streichenden Störung bis zum Tal von Kaisten¹⁾, wo zwischen diesem Ort und Ittental ungefähr in dessen Verlängerung die schon lange bekannte

b) Unterschiebung auf der Voregg-Mettauer Linie (35, 36 und 2, p. 469; hier auch geschichtliche Angaben) einsetzt. Sie war, nach unserer Auffassung, vor der Einwirkung des Kettenjuraschubes eine scharf geknickte Flexur.

c) In ihrer NE-Fortsetzung wiederum liegen die mindestens in den Untern Muschelkalk hinabreichenden, ebenfalls variscisch streichenden Störungen zwischen Waldshut und Thiengen (37).

2. Die *östliche Linie*, wie sich einwandfrei nachweisen lässt, ebenfalls burdigalischen, vorsichtiger ausgedrückt, nach oligozänen und vorvindobonen Alters, lässt sich, durch die jüngere, kettenjurassische Faltung verraten, von der Aare im südlichen Gäu bis jenseits des Rheins bei Lienheim verfolgen, wo sie nach GÖHRINGER (38), s. Fig. 2, als scharfer, antiklinaler Knick im Malm, ca. 3 km nordöstlich von diesem Ort im Weilergraben von Unterer Süsswassermolasse bedeckt, unter ungestört transgredierendem Vindobon verschwindet²⁾. Ich nenne die ganze Störung Lienheimer Linie oder Lienheimer Flexur. Anormal starkes SE-Fallen auf dieser Linie lässt sich feststellen z. B. westlich Brugg und westlich Villnachern. Sie bestimmt („Molasseauskeillinie“) die NW-Grenze des alpinen Oligozäns³⁾, nahezu auch die der vindobonen Austernagelfluh und der sarmatischen obern Süsswassermolasse und stellt praktisch die Grenze zwischen Juraostende und Molasseland dar.

Der jenseits dieser Linie sich rasch auflösende und abtauchende Jurafaltenbüschel hatte entsprechend seiner etwas tiefern Lage von Anfang an hydrographisch eine andere Ver-

¹⁾ Es ist aber nach Beobachtungen zu beiden Seiten des Tales Wittnau-Frick, das gerade auf dieser Zwischenstrecke liegt, möglich, dass eine flexurartige Störung auch hier vorhanden ist und die Richtung des Tales bestimmte.

²⁾ Aus der Figur 2 nach den Profilen I und III von GÖHRINGER kombiniert, sieht man, dass es sich auch hier nicht um eine einfache Flexur handelt, sondern ähnlich wie bei der Zeglinger Flexur noch um eine anschliessende Mulde, die im SE eben durch jenen im Weilergraben aufgeschlossenen Knick begrenzt ist, über dessen Natur uns aber Profil I und Text von GÖHRINGER im Zweifel lässt.

³⁾ Auch die oligozänen (aquitänen bis stampischen) Molassevorkommen südlich Talheim und nördlich Aarau lagen vor der Faltung östlich dieser Lienheimer Linie.

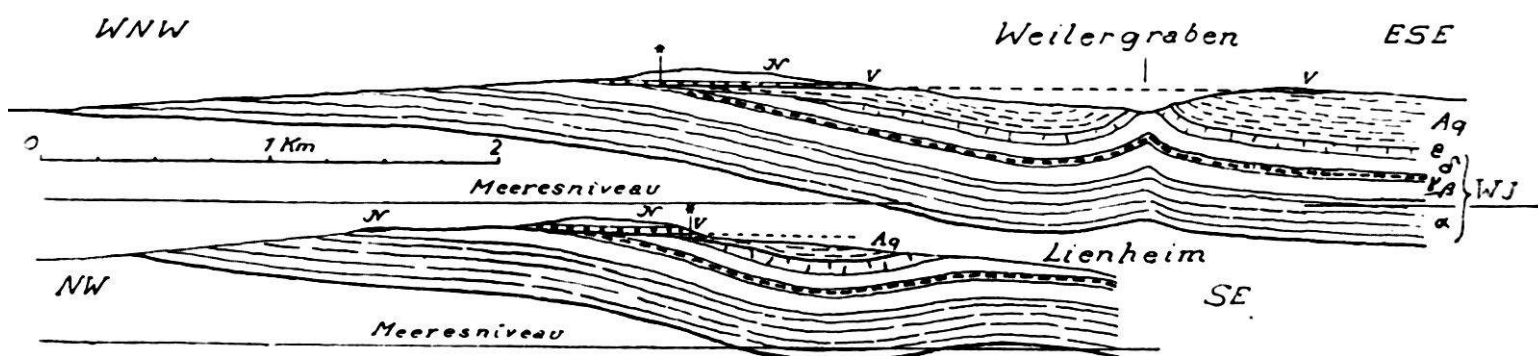


Fig. 2. Flexurzone und Molasseauskeillinie (*) bei Lienheim. Nach GÖHRINGER ergänzt.

Aq = Untere Süßwassermolasse (vorwiegend Aquitan), V = Vindobon, JN = Juranagelfluh.

gangenheit, was dem Gebiet eine ganz besondere Physiognomie gibt, die sich uns in ihrem Gegensatz zum Jura westlich der Aare besonders schön offenbart in der Aussicht von den Vier-Linden an der Bözbergstrasse aus. Auf den Unterschied der Juralandschaft im W und E dieser Linie sei hier kurz hingewiesen:

	im Westen	im Osten
Juraketten	dicht und hoch	locker, rasch abtauchend und endigend
Heutige Entwässerung. . .	In den südlichen Juraketten entspringen kleine, nordwestwärts zum Rhein fließende, tief eingeschnittene Bäche	Tertiärer Entwässerungstypus; grosse konsequent alpine Flüsse; im Diluvium Einebnung des Juras und Ausbreitung v. Schottern. Das Aatal, die Fortsetzung des Hallwiler Aatals, vermochte als westlichstes Quertal die Jurafaltung zu überwinden und wird heute v. der Aare durchflossen.
Randfalten	Kräftige Randfalte Linnerberg-Zeiherhomberg (nach W abgelöst durch die Urgitzfalte) hinter der die MKstirn des Kettenjuras sich verbirgt	Keine Randfalten. Der nördliche Kettenjura bildet eine plateauartige Landschaft, deren N-Kante die MKstirn mit der Habsburg bildet.

Mechanisch schwer zu erklären ist der bisher übersehene an die Feuerbergverwerfung BLOESCHS (35 p. 624) sich ansetzende Graben von Wölfliswil, der nach der NS-

Richtung zum System der Gräben und Verwerfungen der südlichen Dinkelbergscholle gehört, von dieser aber durch die auffallende tektonische Insel Anwil-Tiersteinberg getrennt wird, die, wie wir gesehen, wahrscheinlich auch für den variscisch streichenden Störungszug Zeglinger Flexur-Voregglinie eine Unterbrechung bedeutet.

Die westliche Randklüftung des Wölfliswiler Grabens scheint sich nun nach N zu verlängern und über Frick in die längst bekannte, kettenjurassisch streichende Mandacher Aufschiebung abzuschwenken. Dieser verbindende Bruch erscheint nur an einer Stelle: Er quert 80 m oberhalb der Gipferbrücke (mit Pkt. 367, Blatt 32) den Bruggbach, der hier mitten in einem über 1 km² grossen Schotter- und Moränengebiet auf epigenetischem Lauf Opalinuston und Lias angeschnitten hat (Karte von BRAUN, 39) als ca. NE gerichtete und etwa um 20 m nach SE absenkende Verwerfung¹⁾. Am W-Hang des Feuerberges kann man auf der fraglichen Randklüftung im Hauptrogenstein deutlich flach nordwärts fallende Rutschstreifen und -kehlen sehen. Ich schliesse hieraus, dass der Juraschub eine durch die Punkte Wölfliswil-Frick-Mandach begrenzte Scholle im ganzen etwas nach N bewegte, dabei an ihrem N-Rand, längs der Mandacher Linie, etwas aufschob, im S-Teil aber, wo sie die bereits existierenden Grabenklüfte von Wölfliswil nach W begrenzten, schwach abwärts drückte. Unmittelbar vorher muss die Unterschiebung an der Mettauer Linie und die Stauchung der dieser nach W sich angliedernden Käsibergfalte erfolgt sein, vielleicht bereits unter dem Druck der hier ansetzenden Mandacher Aufschiebung. Bei letzterer nehme ich Mitbewegung des Muschelkalkes an, da ich mir nicht vorstellen kann, dass bei (im Tafeljura sonst ausschliesslich herrschenden) Keuperschub zwischen Linnerberg und Mandacher Linie keine weiteren Falten oder doch Wellungen entstanden wären.

Die Mandacher Störung, örtlich bedingt durch den Widerstand am W-Flügel der Voregg-Mettauer Linie gehörte also gemäss dieser Vorstellung nach Richtung und zeitlich zum Kettenjura; auf ihr konnte also weder das Einzugsgebiet der obermiozänen Juranagelfluh des Bözbergs liegen, noch konnte sie von der präkettenjurassischen Peneplaination betroffen werden, wie die Basler Geographenschule G. BRAUN (40) und B. VOSSELER (41, 42) vielleicht unter dem Einfluss

¹⁾ Dass BRAUN die Verwerfung übersah, ist verständlich bei ihrer geringen Sprunghöhe und der ihm unbekanntem Tektonik des im S anschliessenden Gebiets von Blatt 34 (Wölfliswil).

BUXTORFS (43) annehmen möchten. Ähnlicher Auffassung wie ich ist HEIM (18, p. 574—575).

Auf die Lienheimer Linie¹⁾ hat der Juraschub anders gewirkt. Da sie, besonders im NE, auf der Grenze gegen die in Ruhe verharrende und etwas tieferliegende Schichtplatte²⁾ lag, waren auf dieser Linie die Bedingungen zu kurzen, gegen SE zurückbiegenden Falten oder Flexuren gegeben (vgl. 2 p. 448); es entstanden auf der Lienheimer Linie quer darüberlaufende Kantenfalten (Siggentaler Antiklinale (2, Fig. 8), Unterschiebungen am Bibersteiner Homberg, Schönenwerder Flexur (2, Fig. 7), aus dem gleichen Grund endigte auf ihr wahrscheinlich die Mandacher Aufschiebung (2 p. 470).

Diese Kantenfalten sind das genaue Spiegelbild der Brachyantiklinalen und Faltenendigungen auf der Schwarzwald Linie im W. Unterschiede lassen sich erklären durch die etwas andern Bedingungen: die faltenwerfende Kante streicht hier genau parallel zum Schub (S-N).

Gegen SW reichte die hindernde Schwelle der Lienheimer Linie aber quer mitten in die Schubzone hinein, die hier aufgestauten Falten streichen ihr daher parallel, Born W-Ende, Wynauer und Nachbarmolasseantiklinalen (5 p. 58). Der in ganz geringer Tiefe zu erwartende Jurakern der Wynauer Falte (5 p. 62) muss auf unserer Linie liegen.

Dass die Chaluetüberschiebung und die Überschiebungsfläche St. Verena-Dünnerknus aus der durch den Juraschub nordwärts „abgetriebenen“ und durch die Faltung schraubig verbogenen (bei der letzten noch infolge von Unterschiebung komplizierter deformierten) Brüche in der Fortsetzung der beiden variscischen Linien hervorgegangen seien, ist meiner Meinung nach wahrscheinlich.

Aus Tunnelbeobachtungen hatte schon BUXTORF (13 p. 196) geschlossen, dass die Tafelabbiegung südlich Zeglingen vorobermiozän sei; andererseits beweist der Charakter der Lienheimer Störung (s. o.) als Auskeillinie, speziell aber die Situation nordöstlich Lienheim, deren prävindobonisches Alter, das demnach wohl auch der Parallelstörung zukommt.

¹⁾ Die ursprüngliche Lienheimer Linie, vor dem Kettenjuraschub entspräche also ungefähr der früher angenommenen variscisch-streichend gedachten Endinger Flexur MÜHLBERGS (44, p. 259; 2, p. 456).

²⁾ Ein abscherender Schub im ganzen Umkreis des Schwarzwaldes, wie ihn FR. RÖHRER (45, p. 43) zur Erklärung der Klüfte am Schwarzwaldrand annimmt, ist für mich mechanisch unmöglich.

Nun lässt sich in der Tat aus den miozänen Ablagerungen im N des Kettenjuras zeigen¹⁾, dass beide Störungen schon vom Vindobon an im Relief jener Gegend eine Rolle gespielt haben müssen. Grössere und kleinere Fetzen der rein marinen oder brackischen Ablagerungen vom Typus Tenniken (Muschelagglomerat- = Randengrobkalk) und rote, Melanopsis-, Nerita-, Austern- und Helices führende Kalke (Citharellenkalk) lassen sich zerstreut auf dem ganzen Tafeljura von der Gegend von Seewen (vielleicht schon von westlich Fehren im Laufen-Becken) an bis auf den Bözberg nachweisen. Es sind organogene oder chemische Sedimente, die das Vindobonmeer hier bald mehr, bald weniger reichlich gemischt mit Trümmern von der Unterlage oder von N her zurückliess und speziell finden sich Reste von dieser Ausbildung, z. T. aufgearbeitet in der aufliegenden Juranagelfluh²⁾ auf dem Plateau nordwestlich Zeglingen (47 p. 8 u. p. 11), im Gebiet des Klappen östlich Oltingen (34 p. 15, 26 u. 65) und am Hübstel nördlich Herznach; hier sind es Blöcke und Brocken fossilreicher Citharellenkalk. Von Villnachern an ostwärts ist das marine Vindobon als Austernagelfluh entwickelt und es enthält in einem aus den Alpen stammenden, oft glaukonitführenden Molassesand oder grünlichen oder rötlichen, glimmerig sandigen Mergeln Austern und ebenfalls aus den Alpen stammende polygene Gerölle (u. a. verschiedene Arten von Quarziten und Hornsteinen, als besonders charakteristisch aber rote Granite und Radiolarite der ostalpinen Decken). Diese Fazies wird von Villnachern bis an den Kaltwangen jenseits des Rheins nordwärts durch die Lienheimer Linie begrenzt.

Nun fand BUXTORF im Hauensteintunnel (13 p. 198) an der Basis von typischer Juranagelfluh aufgearbeitete Austernagelfluh gerade auf der Abbeugung der Zeglinger Flexur und ich (s. Fussnote 1) solche im südlichen Dorf Herznach an der Staffeleggstrasse. An beiden Stellen liegt sie auf untersten Effingerschichten, deren Relief so gestaltet ist, dass nur eine Längsströmung (im Streichen der Schichten) und zwar, wie sich bei Herznach aus der übrigen Geröllführung eindeutig ergab, eine WE-Strömung für den

¹⁾ Die Tertiärverhältnisse des Gebiets und die daraus sich ergebenden hydrologischen Vorgänge sollen später im Zusammenhang behandelt werden. Vorläufige, z. T. überholte Mitteilung (46). Eine der gegenwärtigen Darstellung entsprechende Mitteilung machte ich dann an der Frühjahrsversammlung der S. G. G. in Zürich am 12. Mai 1924, angegeben ohne Résumé, Ecl. XVIII, Nr. 4, 1924.

²⁾ Belege im Museum in Aarau.

Hertransport des Konglomerates in Frage kommen kann, im Gegensatz zu der darüberliegenden Hauptmasse der Juranagelfluh, die von N stammt und reichlich Haupttrogensteingerölle, ferner nicht selten Citharellenkalken führt. Hier bei Herznach lässt sich auch feststellen, dass die Austernagelfluh ganz aus der Nähe stammen muss; denn die charakteristischen Gerölle — ferner ganz selten stark gerollte dicke Austern und ebenfalls stark abgeschliffene, angebohrte Gerölle — liegen in Schlieren von sandig-glimmerigen, oliven bis roten Mergeln, also Material des ursprünglichen vindobonen Bindemittels. Ferner kann man feststellen z. T. über Tag in den Taleinschnitten, z. T. in Sondierungen¹⁾ (westlich Herznach), dass das fragliche Basalkonglomerat dem Fuss einer bis 80 m eingeschnittenen Erosionsterrasse folgt, die sich in flachem, südwärts offenem Bogen ostwärts bis über das Tal von Zeihen hinaus, westwärts bis südlich Wölfliswil, wahrscheinlich sogar bis Kienberg verfolgen lässt und die zwischen Herznach und Wölfliswil bis auf das Bathonien (Spathkalk) eingesenkt ist, das in beträchtlicher Ausdehnung die Unterlage der Juranagelfluh bilden muss. Das im Hauensteinbasistunnel getroffene Basalkonglomerat liegt auf der SW gerichteten, also der Zeglinger Flexur parallellaufenden Fortsetzung dieses Bogens. Südlich Herznach wird die Auflagerungsfläche der hier maximal 150 m mächtigen Juranagelfluh in der Jurarandfalte von Densbüren (Urgizfalte) wieder zutage gehoben. Sie liegt — ohne Basiskonglomerat — nach SE auf immer jüngeren Schichten des obernen Braunen Jura und des Argovien. An beschränkten Stellen treten westlich Densbüren, wenig nördlich der Überschiebung des Kettenjuras darin glimmersandige, höher auch blaugraue kohleführende, tonig-mergelige Einschaltungen auf, die ich für Vorposten der mittelschweizerischen Oberen Süsswassermolasse halten möchte.

In der Umgebung von Villnachern greift diese dann aber, ganz ähnlich wie das alpine Vindobon über den Jura hinaus und tritt, wie die Austernagelfluh auf der Lienheimer Linie mit Juranagelfluh und ihren Mergeln in Kontakt. Am S-Rand des Bözberges und bei Baldingen hat ihn die Erosion noch nicht zerstört und namentlich in ersterem Gebiet sieht man, wie die sandige Molasse in verschiedenen Höhen in die kalkig-mergelige Randfazies eingreift, am weitesten nordwärts geht sie oben. Die obersten Einschaltungen liegen bei

¹⁾ Der Studiengesellschaft für Nutzbarmachung der schweizerischen Erzlagerstätten.

den Vier Linden, Auf der Schnelle (südlich der Kirche Unterbözberg), östlich Neustalden und besonders mächtig im W, unter dem Schutz der aufgeschobenen Tafelrandscholle des Linnerberges, an dessen N-Fuss.

Ich lese aus diesen hier skizzierten Verhältnissen folgenden Gang der Ereignisse:

Burdigalien. Als Echo der orogenetischen Vorgänge in den Alpen Entstehung variscisch gerichteter Steilzonen (Flexuren) in der oligozänen Landoberfläche südlich Zeglingen und auf der Linie Voregg–Mettau einerseits und auf der Lienheimer Linie andererseits. Gleichzeitig Bruchbildung auf der Dinkelbergscholle und im südlichen Rheintalgraben, dessen Einbrechen schon im Unteroligozän begonnen hatte.

Vindobon. Das Meer dringt in Etappen nordwärts vor, bis etwa auf die Linie Büsserach–Seewen–Wintersingen–Frick–Mettau–Koblenz–Randen und lagert längs seiner Flachküste von N stammendes terrigenes, oder auch aus der Unterlage stammendes Material und zertrümmerte Hartgebilde von Organismen ab.

Diese positive Strandverschiebung ist die Folge einer von den Alpen ausgehenden, „ausleerenden“ Bewegung des Molassebeckens, wodurch diese Tiefenlinie und damit der Aufschüttungsbereich des von den Alpen stammenden Materials der Austernagelfluh nahe an das Juraland herangerückt wird. Von Zeglingen an ostwärts gelangte solches durch Wellenbewegung und Strömung nordwärts bis über den heutigen Kettenjura hinaus.

Im einzelnen wird der Verlauf dieser Grenzlinie im östlichen Jura bedingt durch die Konfiguration einer alten, zur Zeit der maximalen Transgression submersen Küstenlinie, die deutlich bestimmt wird durch die rippenartig vorragenden Flexurzüge von Zeglingen und der Lienheimer Linie, zwischen denen das Meer in den weichen und mächtigen Horizonten des obern Doggers und des Argovien buchtartig bis in die Gegend von Herznach vordringen konnte, wo es wahrscheinlich ein ziemlich ausgesprochenes, ungefähr dem erwähnten bogenförmigen Steilufer folgendes Kliff bildete¹⁾. Diese Küstenlinie hat dann später das Meer, besonders zur Flutzeit, stellenweise um mehrere km überschritten, den alpinen Sedimenten aber gebot sie Halt.

¹⁾ Solche alte, horizontal verlaufende Strandlinien, durch Aufschüttung, wie auch stufenartige Küstenerosion ausgezeichnet, kennt man auch am Randen, besonders aber in Schwaben, in der Umgebung von Ulm.

Sarmatische Stufe. Dem sich ins Wienerbecken zurückziehenden Meer folgte das von N und von S sich sammelnde Wasser (als Urdonau) nach E auf derselben Tiefenlinie. Die anfänglich beträchtliche Hebung hatte kräftige Erosion zur Folge. Der Hauptstrom, der von SW her dem Rand der Herznacher Bucht folgte, musste in erster Linie die Austernagelfluh abtragen und umarbeiten; er modellierte aus dem Kliff, das bei Herznach nicht unter das Argovien hinabgereicht haben konnte (die angebohrten Gerölle sind alle Argovien), das beträchtliche, bis heute unter der aufgelagerten Juranagelfluh konservierte Steilufer südlich Herznach.

Auffallen könnte noch das Fehlen von gleichsöhlig von N her einmündenden Seitentalrinnen. Die Erklärung liegt z. T. wohl auf klimatischem Gebiet. Die einzigen tiefer in die Tertiär- oder Malmunterlage eingeschnittenen Seitenrinnen sind mir bei Villnachern (in vindobonem Muschelagglomerat) und auf dem nördlichen Bözberg bekannt.

Hier ist es ein bis 80 m tiefes und bis über 2 km lang südöstlich, dann wahrscheinlich ostwärts verlaufendes enges Tälchen, das ich schon 1911, anlässlich der Aufnahme des Gebietes entdeckte und wie das ganze Juranagelfluhgebiet des Bözbergs kurvenmässig darstellte und dann 10 Jahre später auf einer „Strukturkarte des südöstlichen Aargauer Tafeljuras“ in 1:10,000 (nicht publiziert) demonstrierte (46). P. VOSSELER (42) glaubt nun darin eine Bestätigung der von ihm schon 1918 (41) vertretenen Ansicht von der Präexistenz der Mandacher Aufschiebung zu sehen, die ich gemäss obiger und früherer Darstellung (2) für jünger, kettenjurassisch halte. Mir scheint heute plausibler, dass der Bach dieses Tälchens von einer ältern Voregg-Mettauer Flexur ausging.

Später folgte dem Erosionsstadium im Akkumulationsstadium und jener Hauptflusslauf wurde zuerst durch die eigene Schlammführung (rote Mergel) eingedeckt und das, infolge weiterer Hebung im N herbeigeführte gewaltige Material der Juranagelfluh, das sich nun über den durchfurchten ehemaligen Meeresboden absetzte, drängte den Hauptfluss nach S ab.

Weitere Spuren des obermiozänen Hauptflusses, wenn auch nicht so deutlich wie im obern Fricktal, finden sich im Einschnitt zwischen Zeiher Homberg und Linnerberg und östlich Villnachern. Es ist aber nicht daran zu zweifeln, dass er auch hier, stellenweise seeartig erweitert oder versumpft, existierte und auf der oben angedeuteten Faziesmischzone

der Lienheimer Linie entlang nach NE, also in der Richtung der heutigen, durch den Rhein geköpften Donau floss¹⁾.

Merkwürdig sind die vereinzelt am südöstlichen Bözberg in der Juranagelfluh anscheinend ziemlich hoch über der Basis sich findenden kristallinen Gerölle. Ich fand solche am Plateaurand südöstlich der Vier Linden; SCHAAD (48 p. 22) ein Granitgerölle im untern Hafen. Dass sie aus dem Vindobon stammen, das gegen E. in zunehmender Mächtigkeit die Unterlage der Juranagelfluh bildet, scheint mir sicher und nicht unmöglich, dass Erosionsklippen davon weit in die Juranagelfluh hinaufragen. Im betreffenden Gebiet sind Zeichen von WE-Strömung innerhalb der Juranagelfluh vorhanden.

Die Flexuren von Zeglingen und Lienheim bestimmten also im Mittelmiozän den Küstenverlauf; dann, im Obermiozän, die Richtung des Molassesammelflusses, was sich noch heute in der merkwürdigen Koinzidenz der lange falsch gedeuteten Molassefaziesgrenzen (Mischzonen) mit jenen Linien ausdrückt.

Ob die eigenartige, an der Grenze von Mittel- und Obermiozän entstandene, E 24° N streichende Falte, die BENDEL (50) am Irchel entdeckte, mit unserem System variscisch streichender Störungen etwas zu tun hat, scheint mir fraglich; sicher aber, dass keine Beziehungen existieren zwischen ihr und der Lägernantiklinale.

Auffällig ist ihre Parallelität mit der noch jüngern, das Zürichseetal querenden Linie, an der nach HEIM die alt-diluvialen Deckenschotter abgeknickt sein sollen (18 p. 404 ff.).

3. Die Mont-Terriblelinie und die Gestaltung des Südrandes des Tafeljura.

Die Linie Lomont–Mont Terri–Vorburg–Hauenstein–Lägern (Mont Terrible Linie) wurde in allen Epochen der Juraerklärung als die wichtigste tektonische Linie des nördlichen und östlichen Kettenjuras betrachtet.

Heute scheint festzustehen:

1. dass auf ihr der relative Zusammenschub, z. T. in Form von Überschiebungen von beträchtlichem Ausmass, am grössten ist;
2. dass sie in bezug auf die Entstehungsbedingungen ein heterogenes Gebilde ist;

¹⁾ Über den weitem Verlauf der obermiozänen Donau ist zu vergleichen eine Arbeit von GEORG WAGNER (49).

3. dass ihr streckenweise alte, WE streichende Strukturlinien zugrunde liegen¹⁾.

Dies ist ohne Zweifel von W her bis etwa in die Nähe von Bärschwil der Fall, dann vielleicht wieder, ganz im E, an der Lägern. Im W zeigt das deutlich die nördliche Begrenzung des merkwürdigen Delsberger Beckens, schon im Faltenbild: nur ein unvermitteltes Ansteigen der Faltungsunterlage nach N, in Form einer der Vorburgkette folgenden Flexur konnte die Ursache sein, dass jene als Schlussstrich die Faltung des „Rheintaler Juras“ abschliesst und das tieferliegende Delsberger Becken nach präexistierenden Flexuren in der Unterlage quer gefaltet wurde²⁾.

Gegen W streicht die primäre Störungslinie geradlinig fort, erleidet aber auf der mutmasslichen südlichen Fortsetzung des W-Randes des Altkircher Rückens eine Ablenkung (Le Creux). WE-Störungen spielen nachweislich im Grundgebirge des Schwarzwaldes eine wichtige Rolle; hier lässt sich zeigen, dass sie schon im Palaeozoicum entstanden, dann in der Tertiärzeit wieder lebendig wurden (51 p. 693 ff.). Besonders wichtig sind:

1. die karbonische Südschwarzwälder Überschiebung v. BUBNOFFS (24 p. 45): Gneis des Feldbergs und des Belchen südwärts auf Granit und Kulmschiefer überschoben;

2. der nördliche Abbruchrand der Dinkelbergscholle auf der Strecke Kandern–Raitbach; nach WILSER (52 p. 483), post-oligozän, obschon im Karbon angelegt.

Diese Richtung tritt aber auch auf im nördlichen Randabbruch des Elsgauer und Pfirter Jura (Rheintaler Jura STEINMANN'S) gegen den Sundgau auf der Linie Rechésy–Pfetershausen–Köstlach (53 p. 90) als ein Gegenstück zur Vorburgflexur; die hochliegende Schwelle zwischen beiden trägt den Rheintaler Jura, in dem sich als Buchten deutlich die schon im Tertiär gebildeten Depressionen bemerkbar machen (Largbucht, Illbucht, Bucht von Birseck TOBLER'S (65)).

Auch die direkt nach E abtauchenden, nicht rückwärts abbiegenden Lägernantiklinale scheint eine tiefliegende WE-Störung zugrunde zu liegen. Eine solche ist aber trotz der scheinbar einfachen Situation unter der Molasse-

¹⁾ Schon ALBR. MÜLLER betont das im W von den übrigen Falten verschiedene WE-Streichen des Muschelkalks dieser Linie. Ferner sei erinnert an die Mont Terribleflexur, die der Begründer der Abscherungstheorie ursprünglich annahm (1, p. 8).

²⁾ Über den mutmasslichen Gang der Faltung in diesem Teil des Juras wird in einer andern Arbeit die Rede sein.

bedeckung um so schwieriger im Profil festzustellen, als gerade hier ihr mächtigstes Glied, die Untere Süsswassermolasse nach NW auskeilt. Immerhin zeigen die tiefgehenden Profile SENFTLEBENS (54) deutlich, dass es sich auch bei der Lägern nicht um Abscherung auf ebener Unterlage handeln kann.

Der für eine tektonische Analyse schwierigste Abschnitt der Mont Terriblelinie liegt ohne Zweifel etwa zwischen Erschwil im W und der Reuss im E. Nicht nur treten hier von N her Störungen verschiedener Art an den Kettenjura heran oder queren ihn (Schwarzwaldlinie), wodurch tektonische Interferenz entsteht, die Überschiebung erreicht hier ihr Maximum und wir kennen gerade hier am allerwenigsten den primären Verlauf der Trennungslinie zwischen Plateau und Kette. Der Rand der S-Tafel längs dieser Linie bildet heute, zerknittert und durch Erosion stark beschnitten, den Kettenjura; der S-Rand des Tafeljuras andererseits liegt begraben unter den aufgeschobenen Kettenjuramassen, wozu noch kommt, dass auch dieser Rand in den Schichten über dem Keuper, besonders im Hauptrogenstein, im W und E auch im Muschelkalk, nicht mehr in primärer Lage sich befindet; er wurde bei der Bildung der Randfalten des Linnerberges, bei Densbüren, der Sagwald-Hombergkette endlich der Tafeljurafalten in der Umgebung von Bretzwil nordwärts geschoben.

Nun betrachtete ich den einspringenden Winkel unserer Linie bei Eptingen¹⁾ von jeher als grosses Fragezeichen, von dessen Deutung die Erklärung ihres Verlaufes auf dieser Strecke abhängt. Er liegt gerade auf der Grenze von Dinkelbergscholle und Schwarzwaldtafel; östlich davon dringt die stark zusammengedrückte Jurakette weiter nach N vor, worauf schon GRESSLY (56 p. 201) hingewiesen hat. Ich erklärte das als Stauwirkung der durch die Brüche mit dem Grundgebirge verzahnten Dinkelbergscholle. Verschiedene Autoren haben sich dieser Ansicht angeschlossen. In der Tat meiden die Falten das Verwerfungsgebiet auffällig. Das bogenförmige Vorspringen im E aber, das offenbar auch der primären Abrisslinie eigen ist, schien aber so nicht befriedigend erklärt. 1921 glaubte ich die Formel gefunden zu haben (46), sah aber bald deren Unhaltbarkeit ein und korrigierte meine zugrunde liegende Anschauung 1924: der Einschnitt des pliozänen Haupttales kann unmöglich die Abrisslinie bestimmt haben,

¹⁾ Siehe MÜHLBERG, Geotektonische Skizze der nordwestlichen Schweiz (55) oder meine kleinere (2), wo dieser Knick noch deutlicher hervortritt, da die oberflächlichen Muschelkalkschuppen weggelassen sind.

da die Tiefenerosion damals nur einen bescheidenen Betrag erreicht haben konnte, wie die Lage der Sohle der altglazialen Täler unter dem Deckenschotter um Brugg beweist. Die bestimmenden Verhältnisse liegen auf tektonischem Gebiet und die auffällige Tatsache, dass auf der Strecke Hauenstein-Aare Kettenjuraüberschiebung und miozäner (und dann wohl auch frühpliozäner) Hauptfluss so auffällig parallel gehen, erklärt sich eben dadurch, dass auch dessen Lauf durch (ältere) tektonische Linien bestimmt war.

Wie man sich im W den Zusammenhang zwischen Struktur der Unterlage (variscisch verlaufende Wellungen der Flexur von Zeglingen) und Überschiebung vorstellen muss hat BUXTORF selbst in seinem Profil (13 Taf. IV, Prof. 1) einleuchtend angedeutet. Die Abscherung der tafeljurasischen Schichtserie erfolgte längs des SE-Randes der merkwürdigen, eine eigentliche Flexur begleitenden Senke bis diese Wellung weiter nordöstlich wahrscheinlich zwischen Oltingen und Kienberg allmählich verschwindet und die Trennungslinie dann rein östlich abbiegt.

Weiter im E nun unmittelbar westlich der Aare, ist die zweite Stelle wo wir wieder durch einen Tunnel über den Verlauf des heutigen und damit auch des primären Tafeljurasandes Aufschluss erhalten (Fig. 3). Hier traf der Bözbergtunnel¹⁾ (58, 59) viel tiefere Schichten des Tafeljuras als faltenartige Scholle aufgeschürft als im Hauensteintunnel im Kontakt mit dem vorgeschobenen Muschelkalk (Hauptmuschelkalk und Anhydritmergel) des Kettenjuras — trotzdem die Tunnelaxe durchschnittlich ca. 40 m höher liegt als bei jenem — nämlich: jenseits von 1 m Keuper gefalteten Lias der als das tiefste Glied des gestauchten S-Randes der darüberliegenden Doggerscholle zu betrachten ist, die von der Juratafel abgeschert und nordwärts aufgeschoben wurde und deren Haupttrogenstein heute den Linnerberg und den Zeiher Homberg bildet. Nun hatte schon MÜHLBERG während des Tunnelbaus festgestellt, dass diese besonders im W beträchtliche Überschiebung im E, östlich eines Querbruches „Im Berg“ aus einer aus dem Aaretal sich rasch erhebenden Falte hervorgeht, deren an den Muschelkalk des Kettenjuras anstossenden S-Rand sich auch hier nachweisen lässt. Im ganzen streicht der S-Rand dieser Scholle im Haupttrogenstein, wo er sich am besten erkennen lässt, ca. W 10—15° S. Wollen wir diesen Rand in die ursprüngliche Lage bringen, d. h. in

¹⁾ Blatt 35 (Veltheim).

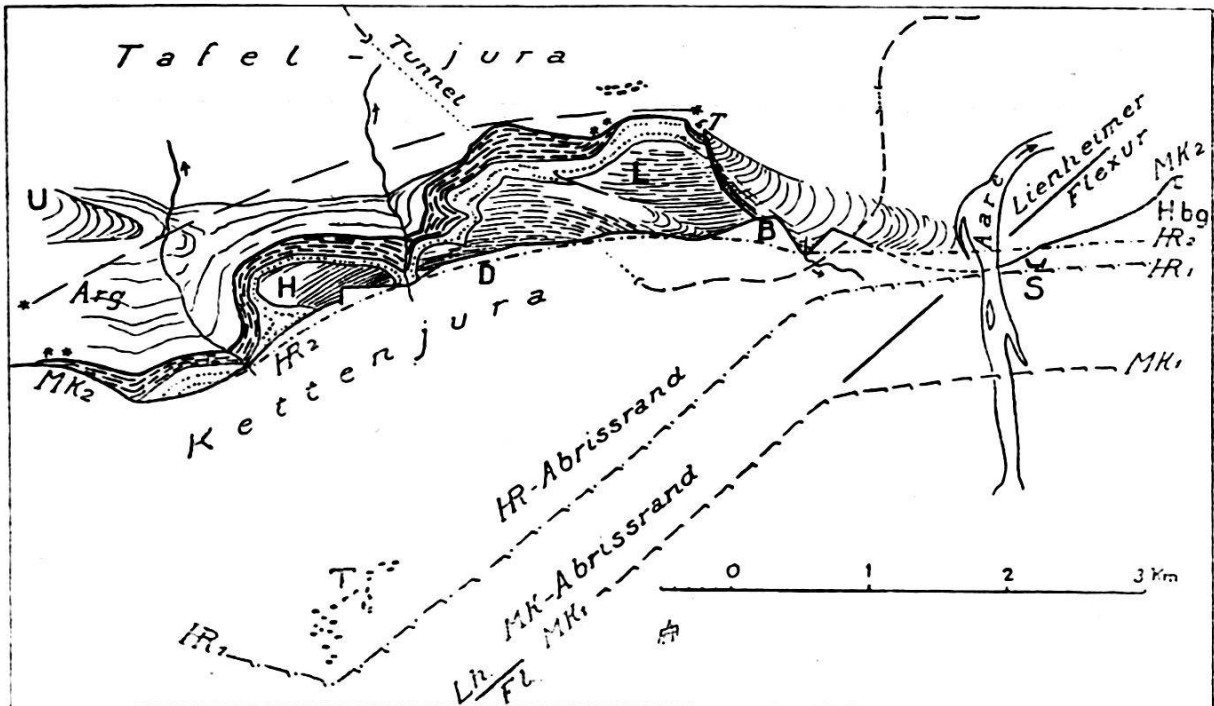


Fig. 3. Die Beziehung der Linnerberg-Zeiger Hombergscholle zur Lienheimer Flexur.

MK₁ ——— **MK₁**, die primäre Abrisslinie im Muschelkalk (MK), hier ca. 4,5 km auf der *Lienheimer Flexur* (Lh. Fl.) verlaufend; ihr weiter nördlich parallel die Abrisslinie im Hauptrogenstein **HR₁** ——— **HR₁**.

MK₂ ——— **MK₂**, heutiger Rand des aufgeschobenen MK, darin der Dreierberg (D), Bözenegg (B), Bad Schinz nach (S), die Habsburg (Hbg). Nördlich davon die *Scholle des Zeiger Homberg* (H) — *Linnerberg* (L), längs der Linie ** ——— ** dem vorliegenden Tafeljura aufgeschoben. Sie besteht oben aus Hauptrogenstein (HR) (stellenweise ergänzt oder, besonders im E, abgedeckt dargestellt), Oberfläche parallel dem Streichen schraffiert, Ausbiss punktiert, darunter *Unt. Brauner Jura*, gestrichelt.

* ——— * der vermutliche primäre N-Rand, **HR₂** ——— **HR₂** der gegenwärtige S-Rand dieser Scholle (im HR).

T = schiefe Transversalverschiebung, östlich welcher die Überschiebung in eine gegen die Aare rasch abstreichende Falte ausklingt.

Arg = aufgefalteter und geschleppter Malm (vorwiegend Argovien) des Tafeljuras, auf dem nach W die *Urgizfalte* (U) auftaucht, welche die Zeiger Homberg-Linnerbergüberschiebung ablöst.

T = Thalheim; nördlich vom Linnerberg (L) das Dorf Linn.

∨ Bäche.

..... — — — Bözbergbahn und -tunnel.

die, welche er gehabt haben muss, als sich der kettenjurassische Hauptrogenstein von ihm loszureissen begann, mit andern Worten, wollen wir den Tafeljurarand wieder ausglätten, so müssen wir, wie Schätzungen an einer Profilersie ergeben, jene 5—6 km lange (bis jenseits des Weidhölzli reichende) Randlinie etwa um einen Punkt auf dem linken Aarufer, dem Bad Schinz nach gegenüber in Gegenuhrzeigerichtung zurückdrehen, bis sie ca. SW streicht. In eben der-

selben Richtung streicht aber hier unsere Lienheimer Flexur durch. Diese muss, wie weiter westlich die Zeglinger Flexur, die entstehende Abrisslinie beeinflusst und diese lokale Abweichung von ihrem Gesamtverlauf hervorgerufen haben.

Es ist verständlich, dass infolge dieser lokal, im Hauensteingebiet und westlich der Aare, schief nach SW gerichteten Begrenzung des Tafeljuras im weiteren Verlauf der Überschiebung in erster Linie die nach S vorspringenden Ecken¹⁾ gepackt und (auf dem Keuper) nordwärts zusammengeschoben werden mussten, am Rand selbst (Typus Linnerberg-Zeiher Homberg) oder in einem gewissen Abstand davon, wo der Zusammenschub auf dem Tafeljura erst in einem vorgerückten Stadium der Überschiebung erfolgte (Typus Sagwald-Hasenhubel-Homberg), daher sehen wir als weitere analoge Wirkungen der beiden variscischen Störungslinien am Tafeljurarand die beiden Züge von Randfalten, die dicht vor der Überschiebungstirne den höhern Flügel der Flexur durchziehen. Währenddem aber die nach S weiterstreichende Zeglinger Flexur kräftig genug war, auch die Richtung des vorrückenden Muschelkalkrandes des Kettenjuras zu bestimmen, liess sich auf der Lienheimer Flexur der im ganzen WE streichende Muschelkalkrand, wenigstens in seinen heute noch erhaltenen tiefern Teilen durch sie nicht stören; er ist mit diesem Streichen über seine in der Tiefe zurückbleibende Fortsetzung vorgerückt, die darüberliegenden Schichten zur Linnerberg-Hombergfalte und der sie gegen W ablösenden Urgizfalte zusammenschiebend. Wir dürfen aber hiebei nicht vergessen, dass von hier an ostwärts, in der Molasse, die den tiefern Flügel der Flexur einnimmt, der ursprüngliche Kettenjura sehr stark abgetragen ist und die Fortsetzung der Muschelkalkkante, die heute die Habsburg trägt, ursprünglich (vielleicht noch in Schuppen aufgelöst) nordwärts etwa an die Aarelinie gereicht haben mag.

Wenn wir, nach diesen Andeutungen noch einmal den Einfluss der Schubunterlage, der Grundgebirge speziell auf die Herausbildung der Mont Terriblelinie überblicken, erkennen wir, dass die alte Ansicht von der stauenden Wirkung des Schwarzwaldmassivs eine gewisse Berechtigung hat. Es ist aber nicht das „Massiv“ als solches, das gestaut hat, sondern stufenartige südwärts gerichtete Knicke in seiner Oberfläche, worauf auch ALB. HEIM (18 p. 603) hinweist. Ich möchte aber im E, wie ich ausgeführt, nicht eine der Überschiebungs-

¹⁾ Bei der Linnerbergfalte lag sie ungefähr in der Gegend von Talheim.

linie parallele (Hauensteinfluh), sondern zwei, die schief, mit variscischem Streichen querende und sie in ihrem Verlauf beeinflussende Flexuren annehmen.

Zusammenfassung.

Versuchen wir zum Schluss resumierend die am Anfang gestellten Fragen zu beantworten, so können wir etwa folgendes sagen:

1. Der Kettenjura ist die Stauchungszone einer von den Alpen her nordwestwärts geschobenen Abscherungsdecke. Die Abscherung hat sich nicht überall im gleichen Horizont, auch nicht nur in einem Horizont vollzogen. Währenddem in der Nähe der Alpen die Abrissfläche stratigraphisch höher lag als im Jura, wahrscheinlich im untern Dogger, vielleicht sogar in den mächtigen oligozänen (stampischen) Mergeln, tritt sie gegen den Jura hin im E in die Anhydrit, im W in die Keupermergel über. Die Zone, wo dieser höhere Gleithorizont den tiefern des Ostens abzulösen beginnt, ist im Solothurner Jura, etwa im Meridian der Dünnern und Mümliswiler Klusen zu suchen. Keuperschub beherrscht auch den ganzen Tafeljura, in geringerem Mass ist der Muschelkalk bewegt worden. Gegen den Schluss der Faltung des westlichen Jura muss aber im welschen Jura, mindestens im schweizerischen Hochjura, der Schub tiefer geschürft und die Schichten wahrscheinlich bis auf das Rotliegende hinunter ergriffen haben. Stratigraphisch höhere plastische Horizonte (Opalinuston, Oxfordmergel) sind mehr nur lokal und z. T. nur für oberflächliches Gleiten und Abgleiten von Bedeutung.

Die Unterlage der Schubdecke (das Grundgebirge) ist keineswegs eben. Abgesehen von breiten Rücken und Depressionen („Becken“) lassen sich auch schärfere, gestreckt verlaufende Formelemente unterscheiden: Verwerfungen, Flexuren, schmale Rücken und Senken. Sie sind der Hauptsache nach älter¹⁾ als der Kettenjuraschub, oligozän und untermiozän. Ausgesprochene Verwerfungsgebiete (südliche Dinkelbergscholle) respektierte der Schub (Verzahnung mit der Unterlage). Im übrigen haben diese Störungen die Faltung verschieden beeinflusst, je nach ihrem Verlauf zur Schub-

¹⁾ An einzelnen Linien fand höchst wahrscheinlich auch noch später Bewegung statt, so an der Schwarzwaldlinie wohl bis in die Gegenwart (Erdbeben, Absenkung diluvialer Schotter).

richtung. Es sind unzweifelhaft alte Strukturlinien im Grundgebirge, die nach der Einebnung während der Kreide- und ältern Tertiärzeit infolge orogenetischer Vorgänge wieder lebendig wurden und auch im Oberflächenrelief hervortraten; denn es lässt sich zeigen, dass die betreffenden Richtungen parallel gehen alten Störungen im benachbarten Rheintal und südlichen Schwarzwald.

Namentlich von Bedeutung sind variscisch streichende Störungen, welche Richtung massgebend auftritt im Verlauf des schweizerischen Hochjura, z. T. auch des übrigen welschen Jura¹⁾ und dann wieder am Juraostende, das zwei so gerichtete flexurartige Störungen queren, die nicht nur dessen Faltung, sondern schon im mittlern und obern Miozän die hydrographischen Vorgänge beeinflussten. Die östliche, die Lienheimer Linie kann praktisch als Grenze zwischen Jura- und Molasseland gelten.

Aus Brüchen in der Schubdecke, die wahrscheinlich ursprünglich in der Richtung dieser beiden Linien lagen und mit ihnen in genetischem Zusammenhang standen, sind unter Mitspielen der Querschiebung und des hier einsetzenden Keuperschubes die merkwürdigen Überschiebungs- und Faltungserscheinungen des Grenchenberges (Chaluet) und der deswegen bekannten Solothurner Klusen hervorgegangen.

Auch bei Seewen (nördlich Bretzwil, LEHNER), im südöstlichen Becken von Laufen (Fehrenbruch KOCHS) und im Becken von Delsberg (LINIGER) gehen prästampische Störungslinien durch, welche die Jurafaltung entscheidend beeinflussten.

Bezüglich der primären Natur der zugrunde liegenden Linien von variscischem und hercynischem Streichen sei auf die bereits zitierte Arbeit VON BUBNOFFS (24) verwiesen.

Die Mont Terriblelinie ist in bezug auf die tiefere Tektonik ein komplexes Gebilde; während ihr im W und im E wahrscheinlich WE streichende Störungen zugrunde liegen, wird sie auf einem mittleren Stück (Hauenstein-Aare) durch die oben genannten variscischen Linien beeinflusst und hier hatte die ursprüngliche Trennungslinie zwischen Tafeljura und Kettenjura einen gebrochenen Verlauf, der die Tafeljurarandfalten bedingte.

¹⁾ Vgl. DEECKE (51, p. 692). Nach ihm „ist das Juragebirge, wo es sich frei entfalten konnte, von variscischem Streichen“.

Interessant, tektonisch aber schwer zu erklären, ist der (bisher nicht bekannte) Graben von Wölfliswil, der einerseits genetisch zum Bruchfeld der südlichen Dinkelbergscholle gehört, aber durch eine bruchfreie Zone davon getrennt ist, andererseits die an der Mandacher Linie aufgeschobene Scholle des östlichen Aargauer Tafeljuras gegen W begrenzt.

Zitierte Literatur.

1. AUG. BUXTORF, Zur Tektonik des Kettenjura. Ber. oberrh. geol. Ver., 40. Vers., 1907. 1 Taf.
2. ALF. AMSLER, Tektonik des Staffelegg-Gebietes etc. Ecl. XIII, Heft 4, 1915, p. 478.
3. E. BAUMBERGER, Versuch einer Umdeutung der Profile durch die subalpine Molasse der Zentral- und Ostschweiz. Ecl. XIX, Heft 1, 1925, 1 Taf.
4. E. RITTER, Stratigraphie und Tektonik der kohlenführenden Molasse zwischen Genfersee und Saanetal. Ecl. XVIII, Heft 3, 1924, 3 Taf.
5. ARN. HEIM und AD. HARTMANN, Untersuchungen über die petrolführende Molasse etc. Beiträge etc., Geotechn. Serie VI, 1919, p. 18.
6. RICH. KOCH, Geol. Beschreibung des Beckens von Laufen. Beiträge, N. F. XLVIII, II, 1923, p. 60.
7. ALF. WAIBEL, Geologie der Umgebung von Erschwil. Beiträge, N. F. LV, II, 1925, p. 357.
8. PET. MERIAN, Beiträge zur Geognosie. I, 1821, p. 75.
9. FR. v. HUENE, Geol. Beschreibung der Gegend von Liestal im schweizer. Tafeljura. Verhandl. Basel, XII, 1900, p. 337.
10. FR. MÜHLBERG, Bericht über die Exkursion d. schweiz. geol. Ges. in das Gebiet der Verwerfungen, Überschiebungen und Überschiebungsklippen im Basler und Solothurner Jura. Ecl. III, Heft 5, 1892.
11. FR. MÜHLBERG, Zur Tektonik des nordschweizerischen Kettenjura. N. J. min. etc., B. B. XVII, 1903, p. 481.
12. CARL WIEDENMAYER, Geol. der Juraketten zwischen Balsthal und Wangen a. A. Beiträge N. F. XLVIII, III, 1923, p. 18, Fig. 2.
13. AUG. BUXTORF, Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel etc. Verh. Basel XXVII, 1916.
14. W. DELHAES und H. GERTH, Geol. Beschreibung des Kettenjura zwischen Reigoldswil (Baselland) und Oensingen (Solothurn). Geol. u. Pal. Abh., herausg. v. E. Koken, N. F. XI, Heft 1, 1912.
15. E. LEHNER, Geologie der Umgebung von Bretzwil. Beiträge N. F. XLVII, II, 1920.
16. HANS SUTER, Geolog. Untersuchungen in d. Umgebung von Les Convers-Vue des Alpes. Diss. Zürich, 1920.
17. ERNST FREI, Zur Geologie des südöstl. Neuenburger Jura. Beiträge N. F. LV, III, 1925.
18. ALB. HEIM, Geologie der Schweiz, I, 1919.
19. HANS SCHARDT, Jura méridional. In Livres guide 1894, Pl. I.
20. CHRIST. SPRECHER, Beitr. zur Kenntnis der Querstörung Mollens-Vallorbe-Pontarlier. Diss. Bern, 1917.
21. H. LAGOTALA, Etude géol. de la région de la Dôle. Matériaux N. S. XLVI, IV, 1920.
22. TUTEIN NOLTHENIUS, Etude géol. des environs de Vallorbe. Matériaux N. S. XLVIII, I, 1921.

23. L. ROLLIER, Le Plissement de la chaîne du Jura. Ann. de géogr. t. XII, 1903.
24. S. v. BUBNOFF, Die hercynischen Brüche im Schwarzwald, ihre Beziehungen zur karbonischen Faltung und ihre Posthumität. N. J. Min. etc., B. B. XLV, 1921.
25. A. STRIGEL, Über prätriadische Einebnung im Schwarzwalde. Jahrsber. u. Mitt. d. Oberrh. geol. Ver., N. F. VIII, 1919.
26. ALB. HEIM, Die horizontalen Transversalverschiebungen im Juragebirge. Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zürich, 1915.
27. W. T. KELLER, Kettenjura zw. Delsberger Becken und ober-rheinischer Tiefebene. Ecl. XVII, Heft 1, 1922.
28. AUG. BUXTORF, Über den Gebirgsbau des Clos du Doubs etc. Ber. d. Oberrh. geol. Vereins, 42. Vers., 1909.
29. W. WAGNER, Neuere Ergebnisse über die Gliederung und die Lagerung des Tertiärs im Kalisalzgebiet des Ober-Elsass. Mitt. philomath. Ges. von Elsass-Lothr. IV, 1908—1912, p. 743—764.
30. L. VAN WERVEKE, Die Tektonik des Sundgaus, ihre Beziehungen zu den Kalisalzvorkommen im Ober Elsass und in Baden und ihre Entstehung. Mitt. geol. L.-A. Elsass-Lothr. Bd. VIII, Heft 2, 1900.
31. A. TORNQUIST, Grundzüge der geol. Formations- und Gebirgs-kunde. 1913, p. 239. Profil durch den Rheintalgraben im Parallel von Münchhausen.
32. H. CLOOS, Tafel- und Kettenland im Basler Jura und ihre tekton. Beziehungen etc. N. J. Min. etc., B. B. XXX, 1910, p. 228 (229).
33. SCHMIDT, BRAUN, PALTZER, MÜHLBERG, CHRIST und JACOB. Bohrungen von Buix bei Pruntrut und Allschwil bei Basel. Beiträge etc., Geotechn. Serie X, 1924.
34. F. MÜHLBERG, Geol. Karte der Umgebung v. Aarau, 1908, mit Erläuterungen.
35. ED. BLOESCH, Zur Tektonik des schweizerischen Tafeljura. N. J. Min. etc., B. B. XXIX, 1910, p. 624.
36. E. BRÄNDLIN, Zur Geologie d. nördlichen Aargauer Tafeljuras zwischen Aare und Fricktal. Verh. Basel XXII, 1911.
37. J. ABELS, Geol. Struktur und Morphologie der Umgebung v. Waldshut. Ber. d. natf. Ges. zu Freiburg i. Br., XXIII, 1920.
38. AUG. GÖHRINGER, Blatt Lienheim, mit Erläuterungen. Geol. Spez.k. d. Grossherzogt. Baden, No. 169, 1915.
39. L. BRAUN, Geol. Beschreibung v. Blatt Frick im Aarg. Tafel-jura. Verhandl. Basel, XXXI, 1920.
40. G. BRAUN, Zur Morphologie der Umgebung v. Basel, II, das Rheintal zwischen Waldshut und Basel. Verh. Basel XXVIII, 1917, p. 314 u. Kärtchen Taf. III.
41. P. VOSSELER, Morphologie des Aargauer Tafeljura. Verh. Basel XXIX, 1918, z. B. p. 229 ff. u. Taf. XIV, Fig. 1 u. Fig. 2.
42. P. VOSSELER, Die tertiäre Entwicklung des Aargauer Tafeljura. Mitt. d. Aarg. Natf. Ges., Heft 17, 1925, p. 36 ff.
43. AUG. BUXTORF, Über Prognosen und Befunde beim Hauenstein-basistunnel und die geol. Geschichte und Oberflächengestaltung des Tunnelgebietes und seiner Umgebung. Tätigkeitsber. Natf. Ges. Baselland, 1911/16, 1916, p. 187 Anmerk. 2.
44. F. MÜHLBERG, Erläut. zur geol. Karte der Lägernkette, 1902, p. 259.
45. FR. RÖHRER, Geol. Untersuchungen der Bezieh. zw. Gesteins-spalten, der Tektonik u. dem hydrograph. Netz im nördl. Schwarzwald u. südl. Kraichgau. II. Bemerkungen zur Tektonik SW-Deutschlands. Jahresber. u. Mitt. Oberrh. geol. Ver. N. F. XI, 1922.

46. ALF. AMSLER, Beziehungen zwischen Tektonik und tertiärer Hydrographie im östl. Jura, Ecl. XVI, Heft 5, 1922.

47. F. MÜHLBERG, Geol. Karte des Hauensteingebietes, 1914; mit Erläuterungen, 1915.

48. E. SCHAAD, Die Juranagelfluh, Beiträge N. F. XXII, 1908.

49. GEORG WAGNER, Rhein und Donau. Aus der Heimat, Monatschrift des Deutschen Lehrervereins für Naturkunde, 36. Jahrg., Nr. 10, Oktober 1923.

50. L. BENDEL, Geologie u. Hydrologie des Irchels. Diss. Zürich, 1923, p. 15, 16 u. Profil.

51. W. DEECKE, Geologie von Baden, II, 1917.

52. J. L. WILSER, Die Rheintalflexur nordöstlich von Basel zwischen Lörrach und Kandern und ihr Hinterland. Mitt. bad. geol. L.-A. 7, Heft 2, 1914.

53. RUD. GRAHMANN, Der Jura der Pfirt im Ober-Elsass. N. J. Min. etc. B. B. XLIV, 1920 und vorläufige Mitt. Zeitschr. deutsch. geol. Ges., 1918.

54. GERH. SENFTLEBEN, Beitr. zur geol. Erkenntnis der West-Lägern und ihrer Umgebung. Diss. Zürich, 1923.

55. FR. MÜHLBERG, Geotektonische Skizze der nordwestlichen Schweiz, 1 : 250,000. Ecl. III, Taf. XI; Mitt. der Aarg. natf. Ges. VII od. Livret guide, 1894.

56. A. GRESSLY, Observations géologiques sur le Jura soleurois. Nouv. Mém. Soc. Helv. Sc. Nat., 1838/41, II, IV, V.

57. ALBR. MÜLLER, Über die anormalen Lagerungsverhältnisse im westl. Basler Jura. Verh. Basel, VII, 1878.

58. CAS. MÖSCH, Der Bötzberrgtunnel. Beiträge X, 1874 (als Anhang zu: Aargauer Jura, Beiträge IV) mit Profil des Bötzberrgtunnels in 1 : 5000, konstruiert während des Baus.

59. FR. MÜHLBERG, Kurze Skizze der geolog. Verhältnisse des Bözbergtunnels, des Hauensteintunnels etc. Mitt. Aarg. Natf. Ges. V, 1890, Taf. I, Prof. 4 u. Ecl. I, 5, 1890.

60. H. LINIGER, siehe Eisen- und Manganerze der Schweiz. Herausgeg. v. d. Studiengesellschaft f. d. Nutzbarmachung d. Schw. Erzlagerrstätten. (Lief. 1923, I. Teil Bohnerz, D. die Bohnerze im Delsberger Becken, geologische Studie (mit E. BAUMBERGER).

61. Erläuterungen zur 11. Aufl. der geol. Übersichtskarte von Württemberg und Baden etc., bearbeitet von C. u. R. REGELMANN, 192 f, p. 70.

62. Geol. Karte von Basel I. (d. h. SE) Teil von A. GUTZWILLER u. E. GREPPIN, 1915, mit Erläuterungen (p. 50—51).

63. H. LINIGER, Über Gitterfaltung im Berner Jura. Ecl. XIX, Heft 3, 1926, p. 625.

64. G. STEINMANN, Bemerkungen über die tektonischen Beziehungen der oberrheinischen Tiefebene zu dem nordschweizerischen Kettenjura. Berichte d. Natf. Ges. zu Freiburg i. B. VI, Heft 4, 1892.

65. AUG. TOBLER, Der Jura im Südosten der oberrheinischen Tiefebene. Verh. Basel XI, 2, 1896..

Manuskript eingegangen am 5. November 1925.